



REVESTIMENTOS NANOESTRUTURADOS COM PROPRIEDADES ANTICORROSIVAS

Isadora Nunes Rebelo¹

Daniela da Fonseca²

Ester Schmidt Rieder³

Resumo

Neste estudo, revestimentos de nanopartículas de TiO_2 dopados com diferentes teores de cromo foram produzidos para proteção contra à corrosão do aço inoxidável AISI 316. As nanopartículas de TiO_2 dopado com cromo foram produzidas a partir da mistura do tetra-n-butyl-titanato e nitrato de cromo nona-hidratado, utilizando a técnica sol-gel. Corpos de prova do aço inoxidável foram revestidos com TiO_2 não dopado e dopado com 0,5, 1 e 3 % de cromo. Estes foram submetidos de uma a três imersões no sol, usando o processo de deposição de revestimento por *dip-coating*, seguido de tratamento térmico. As atividades eletroquímicas dos corpos de prova revestidos foram determinadas por espectroscopia de impedância electroquímica. A resistência de polarização (R_p) não aumentou com o número de imersões no sol para o revestimento de TiO_2 , mas aumentou levemente para os revestimentos dopados com cromo.

Palavras-chave: Resistência de polarização; TiO_2 ; Cromo

INTRODUÇÃO

As causas da corrosão em diversos meios têm sido amplamente investigadas, não havendo um único fator estabelecido que defina o mecanismo do processo corrosivo (ZATKALÍKOVÁ; LIPTÁKOVÁ, 2011). As condições do meio, o tratamento de superfície e o processo de obtenção do material metálico são alguns dos fatores que mais afetam a estabilidade eletroquímica do substrato (HARIMKAR, 2014). Para o aço inoxidável, a resistência à corrosão pode ser aumentada, controlada e ou reduzida por tratamentos de superfícies mecânicos, eletroquímicos e químicos (PRAŽÁK, 1985; ARNOLD; SUZUKI, 2003). O TiO_2 é um material inorgânico funcional importante com boas propriedades físicas, que o tornam adequado para aplicações em filmes finos. A excelente estabilidade química deste óxido, associado às suas propriedades elétricas, também o torna tecnologicamente atrativo como revestimento resistente à corrosão. Para otimizar essa característica, nanopartículas de óxido de titânio têm sido dopadas com metais de transição. Neste estudo, filmes contendo nanopartículas de TiO_2 dopados com cromo foram empregados para revestir corpos de prova de aço inoxidável (AISI 316). Os objetivos deste trabalho são sintetizar e caracterizar um revestimento protetor à corrosão, com nanopartículas de TiO_2 dopadas com cromo, para aço inoxidável.

METODOLOGIA

Neste estudo, foram confeccionados corpos de prova de aço inoxidável AISI 316 revestidos com TiO_2 , com e sem adição de cromo. Para a execução deste trabalho, foram utilizados o Laboratório de Estudos Eletroquímicos e o Centro Petroquímico de Pesquisa e Desenvolvimento da ULBRA.

¹ Aluna do Colégio ULBRA São Lucas – Bolsista PIBIC-EM/CNPq – isadorarebelo42@gmail.com

² Aluna do curso de graduação em Química Industrial – Bolsista PIBIC/CNPq – danielafonseca20@gmail.com

³ Professora do curso de graduação em Química e PPGEMPS – esterrieder@gmail.com

Filmes contendo nanopartículas de TiO_2 dopados com cromo foram empregados para revestir corpos de prova de aço inoxidável (AISI 316). Para sintetizar as partículas de dióxido de titânio dopadas com cromo foram misturados titanato de tetra-n-butil $[\text{Ti}(\text{O-n-Bu})_4]$ e nitrato de cromo III nonoidratado $[\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}]$ usando a técnica sol-gel. Corpos de prova do aço inoxidável foram revestidos com filmes de TiO_2 dopados com cromo pela imersão na solução sol-gel. Os corpos de prova foram submetidos a uma (B1), duas (B2) ou três imersões (B3), utilizando o processo de *dip-coating* à velocidade de 16 mm/min. Os mesmos foram levados à temperatura de 250 °C por 30 min e 450 °C por 1 h. A atividade eletroquímica dos corpos de prova revestidos foi determinada por espectroscopia de impedância eletroquímica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de impedância eletroquímica para os corpos de prova, submetidos a uma, duas e três imersões no sol-gel contendo TiO_2 não dopado e dopado com 1 % de cromo, são expressos em diagramas de Nyquist nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 - Diagrama de Nyquist para os corpos de prova submetidos a uma, duas e três imersões em sol-gel de TiO_2

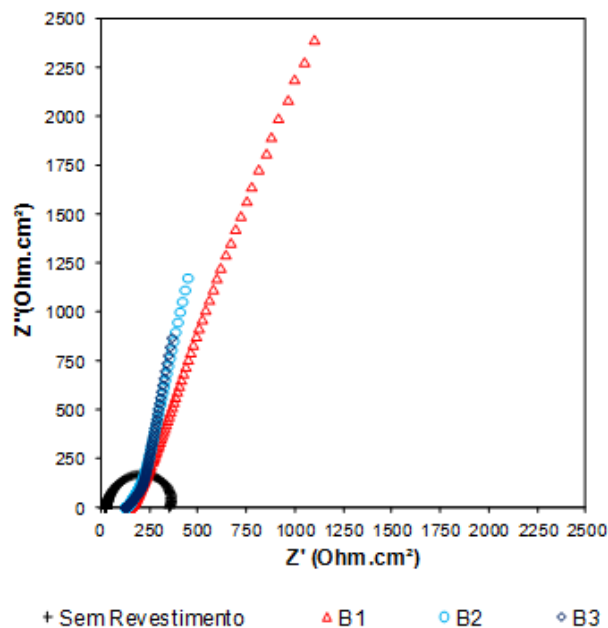
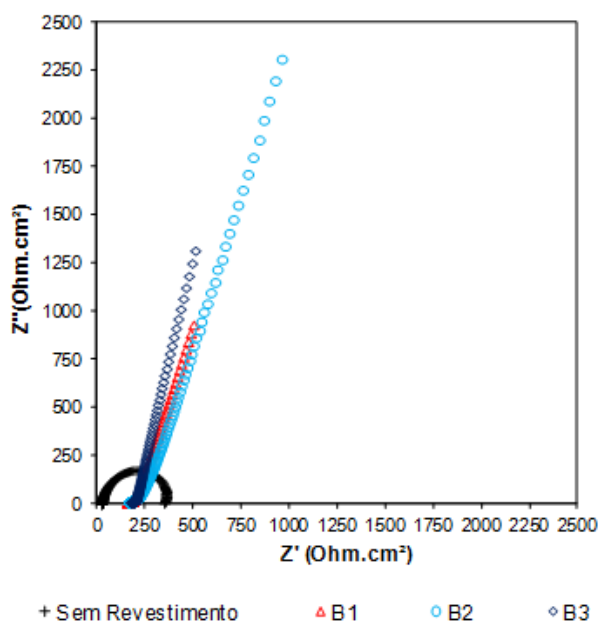


Figura 2 - Diagramas de Nyquist para os corpos de prova submetidos a uma, duas e três imersões em sol-gel de TiO₂ dopado com 1% de cromo.



A partir dos arcos capacitivos dos diagramas obtidos, foram determinadas as resistências de polarização (R_p), as quais são apresentadas na Tabela 1. Os corpos de prova revestidos com TiO₂, independentemente da dopagem com cromo, mostraram uma R_p significativamente mais elevada em relação ao aço inoxidável sem revestimento. No potencial de circuito aberto, OCP, o aço inoxidável sem revestimento apresentou uma R_p de $4,3 \times 10^2$ (Ω), enquanto que os corpos de prova revestidos apresentaram uma R_p de cerca de $4,0 \times 10^4$ (Ω), chegando também a $5,3 \times 10^4$ (Ω) para revestimentos dopados com cromo. Estes resultados indicaram um aumento de cerca de 100 vezes na R_p para o aço inoxidável revestido com TiO₂, mostrando o grande potencial dos revestimentos de TiO₂ para conferir ao substrato maior resistência à corrosão em meios agressivos contendo cloretos.

Tabela 1 - Resistência a polarização (Ω) dos revestimentos de sol-gel contendo TiO₂ não dopado e dopado com 1 % de cromo, com uma, duas e três imersões

Revestimento TiO ₂	R_p (Ω) OCP	Revestimento TiO ₂ com 1% Cr	R_p (Ω) OCP
Sem Revestimento	$4,3 \times 10^2$	Sem Revestimento	$4,3 \times 10^2$
B1	$4,2 \times 10^4$	B1	$3,8 \times 10^4$
B2	$4,1 \times 10^4$	B2	$5,2 \times 10^4$
B3	$3,0 \times 10^4$	B3	$5,3 \times 10^4$

Os resultados indicaram que a R_p não aumentou significativamente com o número de imersões no sol-gel. Os corpos de prova revestidos, tanto com TiO₂, como com TiO₂ dopado com cromo apresentaram valores de R_p entre $3,0 \times 10^4$ e $5,3 \times 10^4$ (Ω), conforme pode ser observado na Tabela 1. Observou-se, no entanto, que, para os revestimentos que não sofreram fragmentação, houve um pequeno acréscimo com o número de imersões no sol-gel, apresentando R_p s de $3,8 \times 10^4$, $5,2 \times 10^4$ e $5,3 \times 10^4$ (Ω), para uma, duas e três imersões, respectivamente.

Observou-se também, de acordo com a tabela 1, uma leve tendência de aumento na R_p com inserção de cromo no revestimento, para duas e três imersões, respectivamente. Os corpos de prova revestidos com TiO_2 dopados com 0,5 e 3 % de cromo, submetidos a três imersões, sofreram fragmentação parcial das camadas superiores do revestimento. Esta irregularidade no filme resultou em valores de R_p levemente menores do que o observado para o revestimento de TiO_2 dopado com 1 % de cromo. R_p s de $1,6 \times 10^4$ e $3,3 \times 10^4$ (Ω) foram observados para o TiO_2 dopado com 0,5 e 3 % de cromo, respectivamente, enquanto que $5,3 \times 10^4$ (Ω) foi observado para o revestimento com 1 % de cromo, Figura 3 e Tabela 2.

Apesar da fragmentação parcial observada em alguns revestimentos, todos os corpos de prova revestidos apresentaram R_p s significativamente maiores (100 vezes) comparado ao aço inoxidável sem revestimento. Este resultado pode ser também um indicativo de que a fragmentação do revestimento seja apenas parcial, sendo as camadas inferiores fortemente aderidas ao substrato, garantindo a este uma maior resistência à corrosão.

Figura 3 - Diagrama de Nyquist para os corpos de prova submetidos a três imersões, sem revestimento, em sol-gel de TiO_2 não dopado e TiO_2 dopado com 0,5, 1 e 3 % de cromo.

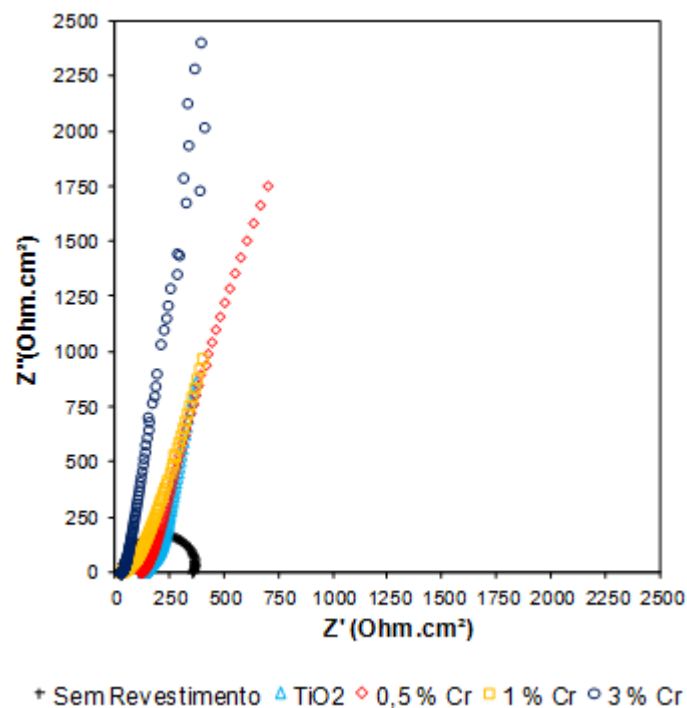


Tabela 2 - Resistência a polarização (Ω) dos revestimentos de sol-gel contendo TiO_2 não dopado e dopado com 0,5, 1 e 3 % de cromo, submetidos a três imersões

Revestimento TiO_2	R_p (Ω) OCP
Sem Revestimento	$4,3 \times 10^2$
TiO_2	$3,0 \times 10^4$
TiO_2 com 0,5 % Cr	$1,6 \times 10^4$
TiO_2 com 1 % Cr	$5,3 \times 10^4$
TiO_2 com 3 % Cr	$3,3 \times 10^4$

CONCLUSÕES

O aço inoxidável AISI 316 revestido com TiO_2 , com ou sem a adição de cromo, resultou em espécimes significativamente mais resistentes à corrosão em meio agressivo contendo cloreto.

Os revestimentos de TiO_2 , quando dopados com 0,5 e 3 % de cromo, apresentaram fragmentação após o tratamento térmico.

Com a inserção de cromo no revestimento, observou-se um leve aumento na R_p com o número de imersões.

REFERÊNCIAS

HARIMKAR, S. P. Progress in surface treatment and processing of coatings. **The Minerals, Metals & Materials Society**. JOM, v. 66, n. 6, p. 1043-1044. 2014.

SUBASRI, R. e SHINOHARA, T. Investigations on $\text{SnO}_2\text{-TiO}_2$ composite photoelectrodes. **Electrochemistry Communications**, v. 5, p. 897-902. 2003.

ZATKALÍKOVÁ, V.; LIPTÁKOVÁ, T. Pitting corrosion of stainless steel at the various surface treatment. **Materials Engineering**, v.18, p. 115-120. 2011.